

⑫

126/624

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑰ Anmeldenummer: 80103593.2

⑤① Int. Cl.³: F 24 J 3/02

⑳ Anmeldetag: 25.06.80

③① Priorität: 19.07.79 DE 2929162
28.11.79 DE 2947877

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.01.81 Patentblatt 81/4

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH GB LI LU NL

⑦① Anmelder: Boetcher, Alfred, Prof.-Dr.
Hangstrasse 11
D-5100 Aachen(DE)

⑦② Erfinder: Boetcher, Alfred, Prof.-Dr.
Hangstrasse 11
D-5100 Aachen(DE)

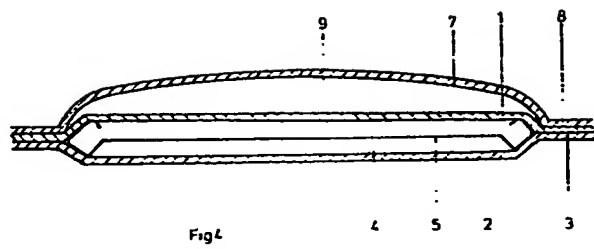
⑦④ Vertreter: Müller-Gerbes, Margot, Dipl.-Ing.
c/o Firma DYNAMIT NOBEL AKTIENGESELLSCHAFT
-Patentabteilung- Postfach 1209
D-5210 Troisdorf/Bez.Köln(DE)

⑤④ Solarkollektor.

⑤⑦ Solarkollektor zur Erwärmung von Luft für einen solaren Wassererhitzer, bei dem die in dem Solarkollektor erwärmte Luft im Kreislauf durch einen Luft/Wasser-Wärmetauscher und zurück in den Solarkollektor geblasen wird, aus mindestens zwei übereinanderliegenden Kunststoffolien, wobei der luftdurchströmte Kanal ein- bzw. beidseitig thermisch isoliert ist.

EP 0 022 940 A2

./...



- 1 -

1

Troisdorf, den 27. Mai 1980

OZ: 80028 (3056) MG/Ce

DYNAMIT NOBEL AKTIENGESELLSCHAFT

5

Troisdorf, Bez. Köln

Solarkollektor

10 Die Erfindung bezieht sich auf einen Solarkollektor zur Erwärmung von Luft für einen solaren Wassererhitzer, bei dem die in dem Solarkollektor erwärmte Luft im Kreislauf durch einen Luft/Wasser-Wärmetauscher und zurück in den Solarkollektor geblasen wird.

15

Noch immer werden für die übliche solare Wassererhitzung Flüssigkeitskollektoren verwandt, in denen entweder ein flüssiges Wärmetransportmedium über einen Wärmetauscher das Wasser erwärmt oder in seltenen Fällen auch das zu erwär-
20 mende Wasser direkt durch den Kollektor strömt.

Es ist auch schon vorgeschlagen worden, das Wasser über einen Luft-Wasser-Wärmetauscher zu erwärmen, nachdem die Luft in einem z.B. gemauerten Solarkollektor solar erwärmt
25 wurde.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für dieses neu-

- 1 artige Verfahren besonders geeignete und angepaßte Solar-
kollektoren zu schaffen. Hierzu wird erfindungsgemäß ein
Solarkollektor vorgeschlagen, der aus mindestens zwei über-
einanderliegenden Kunststoffolien besteht, die mindestens
5 längs zweier Ränder miteinander verschweißt oder dicht
verklebt sind und mindestens einen luftdurchströmten
Kanal bilden, wobei mindestens die äußerste, der Sonnenein-
strahlung direkt ausgesetzte Kunststoffolie transparent
ausgebildet ist.
Für solche Solarkollektoren zur Erwärmung von Luft, die
10 aus randverschweißten Kunststoffolien bestehen, zwischen
denen die zu erwärmende Luft hindurchgeblasen wird, werden
üblicherweise* schwarz gefärbte Kunststoffolien als Absorber
für die Sonnenstrahlung verwendet. Diese Kunststoffolie
ist auf einer Seite mit der zu erwärmenden Luft in Kontakt
15 und gibt an sie einen Teil der absorbierten Strahlungs-
energie als Wärme ab. Wegen des bei technisch machbaren
Luftgeschwindigkeiten relativ schlechten Wärmeübergangs
von der schwarzen Kunststoffolie an die vorbeiströmende
Luft hat diese stets eine deutlich höhere Temperatur als
20 die Luft, was zu nachteiligen Wärmeverlusten führt.

Der Wirkungsgrad solcher Solarkollektoren, in denen Luft
erwärmt wird, wird in erster Linie von der thermischen
Isolation des die sich erwärmende Luft führenden Kanals
25 von der Außenluft und durch die Strömungsgeschwindigkeit
der Luft bestimmt.

Zur Verbesserung des Wirkungsgrades und Beseitigung von
Wärmeverlusten wird daher in weiterer Ausbildung der
30 Erfindung vorgeschlagen, daß der Solarkollektor aus drei
oder vier übereinanderliegenden Kunststoffolien gebildet
ist, die mindestens längs zweier Ränder dicht miteinander
verbunden sind und mindestens einmal zwei bzw. drei über-
einanderliegende Kanäle bilden. Hierbei können die Kanäle
35 auch gegeneinander versetzt angeordnet sein.

*für die Unterseite

- 1 Die für die praktische Nutzung wichtigsten Eigenschaften wie hoher Wirkungsgrad und Leerlauffestigkeit, können erfindungsgemäß in optimaler Weise von 3- und 4-lagigen Kunststofffolien-Solarkollektoren erreicht werden, bei
- 5 denen die Folien übereinandergelegt und an den Rändern verschweißt oder dicht verklebt sind, und wobei die beiden oberen äußeren Kunststofffolienlagen transparent sind. Hierbei ist der luftdurchströmte Kanal erfindungsgemäß thermisch isoliert, indem die zur Außenluft angrenzenden
- 10 Kanäle als geschlossene Luftkammer ausgebildet sind. Um den luftführenden Kanal thermisch zu isolieren, werden in den nach außen angrenzenden Bereichen Kammern mit stehender Luft vorgesehen, die z.B. durch ein Ventil aufgeblasen werden. Dieses System führt in der Praxis noch zu zwei
- 15 wesentlichen Schwierigkeiten: Einerseits muß für verschiedene Staudrucke im luftführenden Kanal (bedingt durch verschiedene Luftdurchsätze) der Luftdruck in der isolierenden, angrenzenden Luftkammer jeweils angepaßt werden, da bei zu ungleichen Drucken in beiden Kammern diejenige
- 20 mit dem niedrigeren Innendruck zu stark verengt wird. Dies erfordert, insbesondere bei häufiger wechselnden Fördermengen, sehr viel Bedienungsaufwand. Andererseits soll jeder Solarkollektor leerlauffest sein, d.h. auch bei Ausfall des Wärmetransportmediums (hier Luft) nicht durch
- 25 Überhitzung beschädigt werden. Bei der relativ geringen Warmfestigkeit von Kunststoffen ist diese Forderung besonders schwer zu erfüllen. Bei Kunststofffolienkollektoren ist die Absorberfolie am stärksten gefährdet, um so mehr, je besser die Wärmeisolation ist. Ein vom Stau-
- 30 druck unabhängiges aufliegendes Luftpolster ist eine auch beim Ausfall des Wärmetransportmediums voll wirksame thermische Isolation, wodurch der Mehrlagen-Folienkollektor im Leerlauffall stark gefährdet ist.
- 35 Eine überraschend einfache Lösung beider Probleme wird

1 gemäß einer Weiterbildung der Erfindung dadurch erreicht,
daß das wärmeisolierende Luftpolster nicht vollständig
abgeschlossen und durch ein Ventil hindurch aufgeblasen
wird, sondern bei dreilagigen Kollektoren in die mittlere,
5 bei 4-lagigen in beide innenliegenden Kunststoffolien je
mindestens eine Öffnung, Loch o.ä. gemacht wird. Dadurch
entsteht in der isolierenden Luftkammer derselbe Luft-
druck wie im luftdurchströmten Kanal an der Stelle der
Öffnung. Ändert sich der Staudruck an dieser Stelle durch
10 Änderung der Luft-Fördermenge, ändert sich auch der Druck
im isolierenden Luftpolster. Bei langen Kollektoren mit
über ihre Länge stark unterschiedlichem Staudruck kann
entweder eine verbindende Öffnung auf halber Länge oder
auch mehrere kleine Öffnungen über die ganze Länge gemacht
15 werden. Der Anteil der durch das isolierende Luftpolster
in diesem Fall strömenden Luft soll, um den Wirkungsgrad
nicht zu sehr zu verschlechtern, unter 20 % liegen. Es
sollte bevorzugt 80 bis 100 % der zu erwärmenden Luft durch
den Kanal strömen.

20

Im Leerlauffall wird der Staudruck im Inneren und damit
auch der Druck in der isolierenden Kammer Null, wodurch
das isolierende Luftpolster verschwindet und damit die
Wärmeableitung zur Außenluft entscheidend erhöht wird. Es
25 wurde experimentell nachgewiesen, daß dadurch auch bei
sehr hoher Sonneneinstrahlung die Absorberfolie nicht
überhitzt wird.

Bei so angepaßten isolierenden Luftpolstern gewinnt der
30 zweite, den Wirkungsgrad beeinflussende Faktor: die Luft-
geschwindigkeit, volle Bedeutung. Um günstige Wirkungs-
grade (über 50 %) zu erreichen, sind Luftgeschwindigkeiten
über 6 m/sec günstig. Andererseits muß, um eine hinreichen-
de Temperaturerhöhung der durchströmenden Luft auch bei
35 mittleren Einstrahlungen zu erreichen, die pro Zeiteinheit

- 5 -

- 1 durchströmende Luftmenge begrenzt bleiben. Dies ist nur dadurch zu gewährleisten, daß der Querschnitt des luftführenden Raumes entsprechend klein gehalten wird. Da die Absorberfläche gleichzeitig groß bleiben soll, muß die
- 5 Höhe des luftführenden Raumes klein gehalten werden.

Um dieses Ziel zu erreichen, wurden verschiedene Maßnahmen gefunden: Um das Aufblasen des Kollektors zu näherungsweise kreisförmigem Querschnitt zu vermeiden, müssen die

10 verschweißten Längskanten in hinreichendem Abstand voneinander gehalten werden. Dazu werden in den verschweißten Längskanten Ösen aus Kunststoff oder Metall eingebracht und mit ihrer Hilfe der Kollektor auf der Unterlage so fixiert, daß er sich auch bei höherem Innendruck nicht

15 mehr zu stark aufwölben kann.

Eine sehr nützliche weitere Einengung der Aufwölbung des Kollektors ist dadurch möglich, daß seine Aufwölbung nach oben mechanisch begrenzt wird, z.B. durch übergelegten

20 Maschendraht oder darüber gespannte Drähte. Hierdurch wird zugleich ein zu starkes Flattern des Solarkollektors bei stärkerem Wind verhindert.

Ferner muß bei solchen an Kunststoffolien gebildeten

25 Solarkollektoren der luftdurchströmte Querschnitt möglichst flach gehalten werden, um einen hinreichenden Wärmeübergang Folie/Luft zu erzielen. Dies wird z.B. durch Spannen des Solarkollektors auf der Unterlage näherungsweise erreicht, - ein rechteckiger Querschnitt, wie er optimal wäre, kann

30 jedoch so nicht erreicht werden.

Diesem Nachteil kann erfindungsgemäß dadurch begegnet werden, daß der luftführende Kanal dadurch bestimmt wird, daß in den luftführenden Kanal starre Abstandshalter für

35 die beiden Längskanten eingeschoben werden. Sie ermög-

- 1 lichen eine Anpassung des Querschnittes bei konstanter
Breite der Kollektor-Schläuche an die zu fördernden
Luftmengen. Untersuchungen haben gezeigt, daß das Ver-
hältnis der mittleren Höhe zur Breite des luftführenden
5 Kanals zur Erzielung günstiger Wirkungsgrade nicht größer
als 0,15 sein sollte.

Eine besonders leerlauffeste Ausführung mit gleichzeitig
hohem Wirkungsgrad ist erfindungsgemäß dadurch möglich,
10 daß in dem luftdurchströmten Kanal ein metallischer Ab-
sorber so eingeschoben ist, daß die zu erwärmende Luft
sowohl an seiner Ober- als auch Unterseite vorbeiströmt.
Der Absorber reicht hierbei über die ganze Breite des
Kanals.

- 15 Zur Verbesserung des Wärmeübergangs vom Absorber zur Luft
kann dessen Oberfläche durch Aufrauen oder mechanische
Prägung vergrößert werden, d.h. durch geometrische Makro-
bzw. Mikrounebenheiten in der Absorberoberfläche.

- 20 Die zu erwärmende Luft strömt sowohl oberhalb wie auch
unterhalb des Absorbers, wodurch die Wärmeübergangsfläche
gegenüber Solarkollektoren ohne eingeschobenen Absorber
verdoppelt wird. Gleichzeitig werden die Wärmeverluste
25 dadurch verringert, daß der heiße Absorber nur noch sehr
kleine Berührungsflächen mit der Unterlage hat. Hierdurch
sind sehr hohe Wirkungsgrade möglich.

- Der Absorber ist in weiterer Ausgestaltung der Erfindung
30 auf seiner Oberseite zur Erzielung hoher Absorptionswerte
geschwärzt, auf der Unterseite dagegen metallisch blank,
um eine geringe Abstrahlung im langwelligen Infrarot zu
haben.

- 35 Die erfindungsgemäß in dem Solarkollektor eingeschobenen

- 7 -

- 1 metallischen Absorber können zugleich als mechanische Abstandshalter für die Längskanten der Kanäle des Solar-
kollektors dienen.
- 5 Beispielsweise können Absorberbleche, die über die ganze Breite des Kanals reichen, in diesen eingeschoben werden. Diese können an ihren Längsseiten so umgebogen werden, daß die darüber- und darunterliegenden beiden Kunststoffolien etwa gleichen Abstand vom Absorberblech haben.
- 10 Der Absorber kann auch beidseitig in Profilleisten geführt werden, die der besseren Wärmeisolation wegen aus Kunststoff bestehen können. An beiden Seiten und/oder in der Mitte kann der Absorber so gebogen werden, daß seine
- 15 Breite durch elastische Verformung um einige Millimeter verringert werden kann. Hierdurch ist ein strafferes Einpassen in den Kanal des Solarkollektors möglich. Eine Mittelfalte des Absorbers dient bei breiten Kollektoren zugleich zur Mittelunterstützung des Absorbers und der
- 20 angrenzenden Kunststoffolien.

Um bei ungleichmäßiger Luftverteilung am Eingang des Solarkollektors auf den oberen und unteren Teilkanal unterschiedliche Drucke oben und unten zu vermeiden,

25 können in den Absorber Öffnungen gestanzt oder gebohrt werden, durch die hindurch ein Druckausgleich erfolgt. Um die Absorber in die fertig konfektionierten und am Einsatzort ausgelegten Solarkollektoren aus Kunststoff-
folien einschieben zu können, bleibt bei diesen der luft-

30 führende Kanal auf einer Schmalseite über die ganze Breite offen. Nach Einschieben der Absorber wird die Öffnung verschweißt, verklebt oder mechanisch dicht verschlossen, beispielsweise durch Verwendung eines Reiß-

verschlusses.

1 In der Zeichnung ist die Erfindung beispielhaft erläutert.
Es zeigen:

Fig. 1 einen schematischen Querschnitt durch einen
5 Solarkollektor mit eingeschobenem Absorber,

Fig. 2

und 3 Varianten des Absorbers nach Figur 1,

10 Fig. 4 einen ausschnittweisen schematischen Querschnitt
durch einen mehrlagigen Solarkollektor.

Der ausschnittweise in Fig. 1 dargestellte Solarkollektor besteht aus den Kunststofffolien 1, 2, beispielsweise Weich-PVC oder EPDM, die längs parallellaufender Verbindungsstellen bzw. Ränder 3 dicht und fest z.B. miteinander verklebt sind und zwischen sich den Kanal 4 für die zu erwärmende durchströmende Luft bilden. Der Querschnitt des Kanals 4 ist schematisch dargestellt, in Wirklichkeit werden sich die Folien 1, 2 bogenförmig aufwölben. Zur Querschnittsfestlegung des Kanals 4 und Erhöhung des Wirkungsgrades des Solarkollektors ist ein Absorber, hier in Gestalt des Absorberbleches 5 in den Kanal 4 eingebaut. Mit den abgebogenen Enden 5a, b wird das Absorberblech 5 in den Kanal 4 fixiert. Es ist auch möglich, den Absorber 5 an den Enden 5a, b z.B. innerhalb von Profilleisten 6, z.B. aus Kunststoff, wie in Fig. 2 dargestellt, zu führen. Der Absorber 5 kann beispielsweise durch zusätzliche Abwinkelung 5c, wie in Fig. 3 dargestellt, eine Abstandhaltung im mittleren Bereich des Kanals 4 bewirken. Die in den gezeigten Beispielen dargestellten Ausbildungen des Absorbers 5 sind nur beispielsweise Ausführungen. Der Solarkollektor kann je nach Ausbildung und Anwendung auch eine größere Anzahl parallel nebeneinander verlaufender Kanäle 4 aufweisen.

1 In der Fig. 4 ist schematisch im Ausschnitt der Aufbau
eines mehrlagigen Solarkollektors aus Kunststofffolien
1,2,7 gezeigt. Hier ist ein dreilagiger Solarkollektor
dargestellt mit zwei Innenräumen, wobei der eine den
5 luftdurchströmten Kanal 4 und der andere die isolierende
Luftkammer 9 bilden. An den Rändern sind die Kunststoff-
folien dicht miteinander verbunden, siehe Verbindungs-
stellen 3,8. Mehrere Kanäle 4 mit isolierenden Luft-
kammern 9 können nebeneinander aufeinanderfolgen.

10

Bei einem vierlagigen Solarkollektor ist der Kanal 4 auch
auf der anderen Seite noch mit einer weiteren Luftkammer
isoliert, die von einer vierten Kunststofffolienlage
gebildet wird. Zur Herstellung von Druckausgleich können
15 die innenliegenden Kunststofffolien bzw. der Absorber
mittels Öffnungen, Durchbrechungen o.ä. versehen sein.
In den dargestellten Beispielen der Fig. 1 bis 4 sind
jeweils die Kunststofffolien 1 und 7 transparent, die
Kunststoffolie 2 als Absorber schwarz ausgeführt.

20

25

30

35

1 Patentansprüche:

1. Solarkollektor zur Erwärmung von Luft für einen solaren
Wassererhitzer, bei dem die in dem Solarkollektor er-
wärmte Luft im Kreislauf durch einen Luft/Wasser-
Wärmetauscher und zurück in den Solarkollektor geblasen
wird, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß der Solarkollektor aus mindestens zwei übereinander-
liegenden Kunststoffolien besteht, die mindestens längs
zweier Ränder miteinander verschweißt oder dicht ver-
klebt sind und mindestens einen luftdurchströmten Kanal
bilden, wobei mindestens die äußerste, der Sonnenein-
strahlung direkt ausgesetzte Kunststoffolie transparent
ausgebildet ist.
2. Solarkollektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß drei oder vier übereinanderliegende Kunststoffolien
vorgesehen sind, die mindestens längs zweier Ränder
miteinander dicht verbunden sind und mindestens einmal
zwei bzw. drei übereinanderliegende Kanäle bilden.
3. Solarkollektor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,
daß der luftdurchströmte Kanal ein- bzw. beidseitig
thermisch isoliert ist, indem die zur Außenluft an-
grenzenden Kanäle als geschlossene Luftkammer ausge-
bildet sind.
4. Solarkollektor nach einem der Ansprüche 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet, daß bei dreilagigen Solar-
kollektoren die mittlere Kunststoffolie, bei vierlagi-
gen beide innenliegenden Kunststoffolien eine oder
mehrere kleine Öffnungen aufweisen, die eine Verbindung
zwischen den Luftkammern und den luftdurchströmten
Kanälen herstellen.
5. Solarkollektor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, da-
durch gekennzeichnet, daß die Aufwölbung des Solar-

- 1 kollektors infolge des inneren Staudruckes der erwärmten
Luft mechanisch begrenzt ist.
- 5 6. Solarkollektor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, da-
durch gekennzeichnet, daß der Querschnitt des von der
solar zu erwärmenden Luft durchströmten, beiderseits
von Kunststoffolien begrenzten Kanales durch Ein-
schieben starrer Teile fixiert ist.
- 10 7. Solarkollektor nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt des luft-
durchströmten Kanales in seinem Verhältnis mittlerer
Höhe zu mittlerer Breite kleiner/gleich 0,15 bemessen
ist.
- 15 8. Solarkollektor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, da-
durch gekennzeichnet, daß in dem luftdurchströmten
Kanal ein metallischer Absorber so eingebracht ist,
daß die zu erwärmende Luft sowohl an seiner Ober- wie
20 auch an seiner Unterseite vorbeiströmt.
- 25 9. Solarkollektor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeich-
net, daß die Oberfläche der Absorber durch geometrische
Makro- und Mikrounebenheiten vergrößert ist.
- 30 10. Solarkollektor nach einem der Ansprüche 8 oder 9,
dadurch gekennzeichnet, daß die Oberseite des metalli-
schen Absorbers geschwärzt ist, während seine Unter-
seite metallisch blank ist.
- 35 11. Solarkollektor nach einem der Ansprüche 8 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, daß der metallische Absorber
an den Längsseiten oder/und innerhalb seiner Fläche
so gebogen ist, daß seine Breite durch elastisches
Verformen um einige Millimeter verringert werden kann.

- 3 -

1 12. Solarkollektor nach einem der Ansprüche 8 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, daß der metallische Absorber
längs beider Seiten innerhalb des luftführenden Raumes
in Profilleisten geführt ist.

5

13. Solarkollektor nach einem der Ansprüche 8 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, daß in dem metallischen
Absorber Öffnungen sind, durch die hindurch ein Druck-
ausgleich zwischen den beidseitigen Luftströmungen
10 möglich ist.

14. Solarkollektor nach einem der Ansprüche 8 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Kunststoffolie
an einer Schmalseite eine verschließbare Öffnung zum
15 Einschieben der metallischen Absorber vorgesehen ist.

20

25

30

35

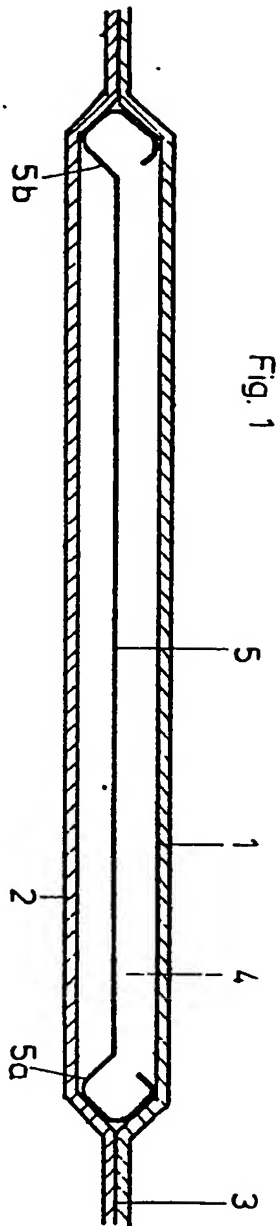


Fig. 2

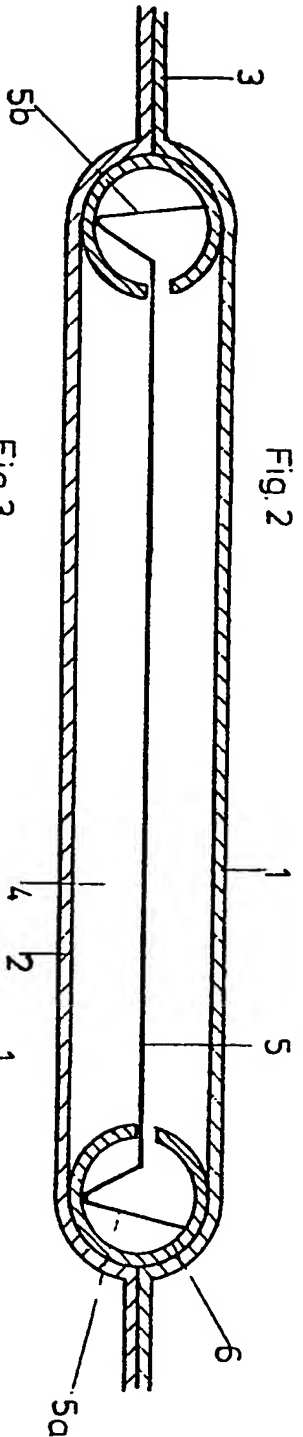
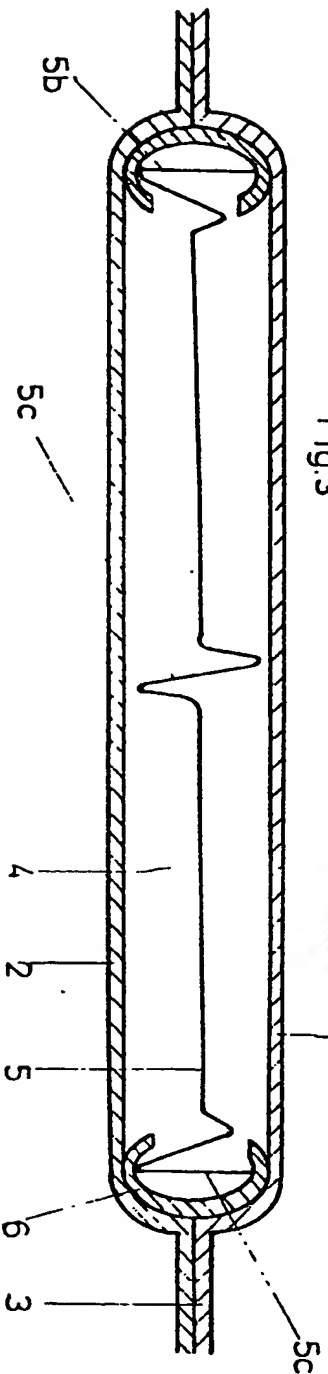


Fig. 3

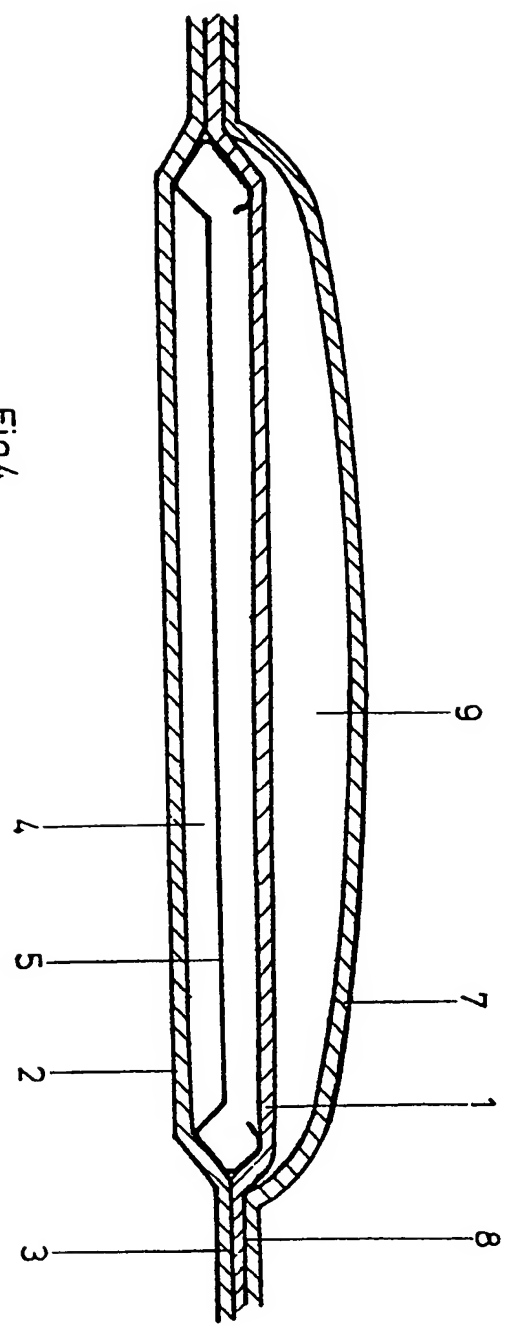


1/2

126/624

2/2

Fig. 4



DERWENT-ACC-NO: 1981-B0228D
DERWENT-WEEK: 198106
COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Solar energy collector using air medium - is made from plastics film
which encloses black metal heat absorbing plate

INVENTOR: BOETCHER, A

PATENT-ASSIGNEE: BOETCHER A[BOETI], DYNAMIT NOBEL AG[DYNN]

PRIORITY-DATA: 1979DE-2947877 (November 28, 1979) , 1979DE-2929162 (July 19,
1979)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
EP 22940 A	January 28, 1981	G	000	N/A
DE 2947877 A	July 23, 1981	N/A	000	N/A
PT 71571 A	January 14, 1981	N/A	000	N/A

DESIGNATED-STATES: AT BE CH GB LI LU NL

CITED-DOCUMENTS: DE 2510321; DE 2608302 ; DE 2736983 ; DE 2747188 ; FR 2389078
; FR 2393245 ; GB 1161887 ; GB 1506576 ; No-Citns. ; US 4026268 ; US 4086908
; US 4096850 ; US 4120286 ; US 4126270 ; US 4132217

INT-CL (IPC): F24J003/02

ABSTRACTED-PUB-NO: EP 22940A

BASIC-ABSTRACT: A collector of solar energy is made from two sheets (1,2) of
plastics film which are joined together with an air-tight seal along their
edges. At least one of the sheets is transparent and a thin metal heat
absorber (5) is fitted between the sheets.

Air is circulated through the space (4) between the plastics sheets (1,2) and
then passes through a heat exchanger to heat water. The heat absorber (5) and
the opaque plastics is painted black to increase its rate of absorption..

The plastics outer walls of this type of solar energy collector provide thermal
insulation which increases the collection efficiency.

TITLE-TERMS:

SOLAR ENERGY COLLECT AIR MEDIUM MADE PLASTICS FILM ENCLOSE BLACK METAL
HEAT
ABSORB PLATE

DERWENT-CLASS: Q74